Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Hans Lenz) des
Instituts für Klinisch-theoretische Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

UNTERSUCHUNGEN ZUM PROBLEM DER ANÄTZUNG VON SCHMELZOBERFLÄCHEN IN DER VERSIEGELUNGSTHERAPIE

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Ulrich Gaedecke
aus Nauen

1978

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Hans Lenz) des
Instituts für Klinisch-theoretische Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

UNTERSUCHUNGEN ZUM PROBLEM DER ANÄTZUNG VON SCHMELZOBERFLÄCHEN IN DER VERSIEGELUNGSTHERAPIE

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Ulrich Gaedecke
aus Nauen

Referent: Prof. Dr. H. LENZ

Korreferent: Prof. Dr. H. NEWESELY

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

UNIV. LEIDEN BIBL.

Promoviert am 29.11.1978

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Einleitung	3
2.	Literaturübersicht	6
	2.1. Versiegelungskunststoffe	12
	2.2. Haftung	14
	2.3. Anätzen	16
3.	Material und Methode	20
4.	Ergebnisse	25
	4.1. Mechanische Reinigung	25
	4.2. Ätzung	25
	4.3. Versiegelung	26
	4.4. Nebenbefund	28
5.	Diskussion	29
6.	Zusammenfassung	38
7.	Übersicht über die Abbildungen	41
8.	Abbildungen	42
9.	Quellenangaben	49

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544721_0041

1. E I N L E I T U N G

Noch immer gehört die Karies zu den am häufigsten auftretenden Krankheiten überhaupt. In Mitteleuropa und Nordamerika leiden ca. 99% der Bevölkerung an Karies.
Nach eingehenden Untersuchungen u.a. von EULER (1936, 1939) hat sich der Kariesbefall in den letzten beiden Jahrhunderten nahezu verdoppelt. Dieser Befund zeigt, welche Bedeutung der Forschung auf diesem zahnmedizinischen Sektor zukommt.
Bereits frühzeitig setzte man auf Mundhygiene ausgerichtete Maßnahmen ein, die noch durch gewisse Ernährungsvorschriften ergänzt wurden. Beiden war nicht zuletzt deshalb nur ein Teilerfolg beschieden, weil deren Befolgung unbequem und wenig attraktiv war.
So mußten andere Maßnahmen in Erwägung gezogen werden.

Die Fluoridierung des Trinkwassers, welche eine Reduktion der Karies hervorruft, wurde versuchsweise in begrenzten Gebieten eingeführt. Sie konnte sich trotz ihrer Vorzüge noch nicht allgemein durchsetzen.

Eine weitere Aussicht auf einen breit gestreuten Vorbeugungserfolg dürfte die unter der Bezeichnung

'Fissurenversiegelung' bekannt gewordene Methode bieten (1),(2).
Darunter versteht man Verfahren, bei denen ein flüssiger Kunststoff in die Fissuren der Molaren und Prämolaren aufgebracht und anschließend durch entsprechende Katalysatoren gehärtet wird. Zur Erhöhung der Retention des Kunststoffes auf der Zahnoberfläche wird vor Anwendung der Versiegelungslacke von den Herstellern eine Anätzung der Schmelzoberfläche mit den dafür vorgesehenen Präparaten verlangt. Von diesen Ätzmitteln bzw. Conditionern erhoffte man sich einerseits eine Reinigung der Zahnoberfläche - sie wurden deshalb eine Zeitlang auch 'cleanser' genannt - und andererseits eine Retentionserhöhung für die Versiegelungslacke. Diese sog. Konditionierung der Zahnoberflächen wurde mit Phosphorsäure, Zitronensäure oder Ameisensäure versucht.

Die ersten Versiegelungslacke entwickelte man aus den Cyanoacrylaten (3),(4), die schon seit geraumer Zeit vor allem in der Chirurgie als nahtloser Wundverband benutzt wurden und danach in die Zahnheilkunde übernommen wurden (5). Diese Stoffe erwiesen sich jedoch nicht als mundbeständig. Man ging dazu über, Polymethylacrylate und nach der Bowen'schen Formel modifizierte Polymethylacrylate anzuwenden.

Die auf diese Art mit Kunststoffen überzogenen Zähne sollen langfristig vor dem Eindringen von Speiseresten und Mikroorganismen in die schlecht zu reinigenden Fissuren geschützt sein.
Mit den im Handel befindlichen Versiegelungslacken konnte innerhalb von 2 Jahren eine ca. 90%-ige Kariesreduktion erzielt werden (25).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, mit Hilfe von raster- und durchstrahlungselektronenmikroskopischen Untersuchungen an angeätzten Schmelzoberflächen festzustellen, inwieweit die von den Herstellern angegebenen Reinigungs- und Ätzwirkungen der benutzten Conditioner bzw. Cleanser auf der Zahnoberfläche erzielt werden konnten. Darüberhinaus soll die Verbindung zwischen der occlusalen Schmelzoberfläche und der Versiegelersubstanz untersucht werden.

2. LITERATURÜBERSICHT

Konnte die Kariesforschung in den letzten Jahrzehnten bereits viele Fragen der Kariesentstehung klären, so blieben jedoch viele Einzelfragen - besonders die nach der Initialphase der Schmelzkaries - ohne befriedigende Antwort.

Hinsichtlich der auslösenden und verursachenden Faktoren einerseits und dem Mechanismus der kariösen Zerstörung der Zahnhartsubstanz andererseits besteht keineswegs Einmütigkeit. Deshalb werden auch bezüglich der Kariesprophylaxe je nach Wertung der einzelnen Faktoren noch sehr unterschiedliche Folgerungen gezogen; verschiedene Methoden der Kariesprophylaxe stehen in Konkurrenz miteinander.

Gegen Ende des 19.Jahrhunderts empfing die Kariesforschung entscheidende Impulse durch die Erfolge der Bakteriologie. Es entstand als Folge davon die Lehre von der bakteriellen Äthiologie der Karies mit ihren verschiedenen Modifikationen.
Unter dem Einfluß der Miller'schen Schule sah man die Karies als ein hauptsächlich bakteriologisches Problem an und betrachtete sie gewissermaßen als 'Infektionskrankheit', die man nach den Regeln der allgemeinen Pathologie zu bekämpfen habe. Das Haupt-

augenmerk der Kariesforschung galt daher hauptsächlich Fragen nach den Ursachen der kariösen Zerstörung der Zähne. (30).

In zahlreichen daraus folgenden Untersuchungen erkannte man eine Fülle von disponierenden und exzitierenden Faktoren, die bei der Kariesentstehung ausschlaggebend sind und sah in der Karies ein multifaktorielles Geschehen (6).
Aus den Ergebnissen der Kariesforschung läßt sich folgende These ableiten:
Zahnkaries kann nicht entstehen:

a) ohne Mikroorganismen in der Mundhöhle,
b) ohne Kohlenhydrate in der Nahrung,
c) ohne Kontakt der Nahrung mit der Zahnoberfläche.

Nach bisherigen Erkenntnissen tritt eine kariöse Läsion nur auf, wenn alle drei Faktoren vorhanden sind. Fehlt nur eine der drei Voraussetzungen, so kann keine Karies entstehen. Auf diesen Erkenntnissen, die aus einer vorwiegend bakteriologisch orientierten Sicht der Karies resultieren, basiert noch heute die Kariesprophylaxe.
Auf zwei Wegen versucht man in dieser Richtung voranzukommen:

1) Ausschaltung bzw. Verhinderung des Angriffs durch Beseitigung der kariogenen Noxen bzw.

Verhinderung ihrer Bildung durch Ausschaltung der Quelle dieser Noxen.
Die praktischen Maßnahmen in diesem Sinne lassen sich unter dem Begriff Mundhygiene zusammenfassen. Weiter rechnen hierzu: sinnvolle Ernährung, entsprechende konservierende Maßnahmen, Regulierung von Stellungsanomalien.

2) Der zweite Weg zielt darauf hin, die Widerstandsfähigkeit des Zahnes zu verbessern, d.h. die Hydroxylapatitkristalle der Zahnhartsubstanzen resistenter gegen Säureeinwirkungen zu machen, indem die Löslichkeit herabgesetzt wird. In diesem Zusammenhang ist besonders die Prophylaxe durch Fluoride zu nennen.

Trotz der konsequenten Anwendung der aus dieser Diskussion entwickelten kariesprophylaktischen Maßnahmen hat die Praxis gezeigt, daß sich nur Teilerfolge erzielen lassen. Es erhebt sich daher die Frage, ob es überhaupt möglich ist, die bei der Kariesentstehung beteiligten Faktoren auszuschalten. Prinzipiell entsteht Karies dadurch, daß Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen, die aus leicht spaltbaren und vergärbaren Kohlenhydraten stammen, sich an der Oberfläche des Zahnes ansammeln und ihn entmineralisieren. Obwohl diese Zusammenhänge einfach erscheinen, ist es jedoch unmöglich, auch nur einen der erwähnten Faktoren auszuschal-

ten: In der Mundhöhle werden immer Mikroorganismen vorhanden sein. Ebenfalls ist ein Speiseplan ohne Kohlenhydrate undenkbar.

Auch bei optimaler posteruptiver Behandlung und unter besten Entwicklungsbedingungen war es nicht möglich, den Zahn als Objekt des Angriffs so widerstandsfähig zu machen, daß er nicht durch Karies zerstört werden könnte. Diese Feststellung traf bereits WILLIAMS im Jahre 1897 (26).
Neben der sog. klassischen Kariesforschung hat sich im letzten Jahrzehnt eine neue Richtung der Kariesforschung entwickelt, die sich mehr und mehr einer physiko-chemischen Betrachtungsweise zuwendet. In diesem Zusammenhang seien TAKEUCHI, GWINNETT und BUONOCORE (8) erwähnt, die vor ca. 12 Jahren erfolgversprechende Versuche zur Versiegelung der Fissuren mit Cyanoacrylaten in Japan und in den USA begonnen haben.
Standen vorher Fragen nach den Ursachen der Karies im Vordergrund der Überlegungen, so änderte sich allmählich die Betrachtungsweise, und der Mechanismus des Kariesprozesses rückte in den Mittelpunkt (9). Ausgelöst wurde diese Richtung durch Untersuchungen der initialen Kariesläsionen des Schmelzes, die allgemein nicht mit einer Defektbildung beginnen, sondern mit dem sog. Kreidefleck (white spot).

Die Suche nach der Erklärung dieses Phänomens einer anscheinend wohlerhaltenen Schmelzoberfläche über einer teilweise entmineralisierten Schicht erbrachte wichtige Hinweise auf den Mechanismus des Kariesprozesses. Auf Grund dieser Untersuchungen spielt bei der Zerstörung und Auflösung der anorganischen Substanzen des Schmelzes die Tatsache eine entscheidende Rolle, daß schmelzauflösende Stoffe in den Schmelz eindringen und die gelösten Substanzen heraustransportiert werden müssen.
Geht man von der Tatsache aus, daß die Karies eine multikausal bedingte Zerstörung der Zahnhartsubstanzen und nicht eine Erkrankung des Zahnes ist, so müßten entsprechende lokale Maßnahmen, die den Transport kariogener Substanzen in die Zahnhartsubstanz ausschalten, eine Karies unmöglich machen.
Die klinische Erfahrung lehrt, daß diese Hypothese richtig ist: Ganz gleich, wie groß das Angebot an kariogenen Noxen ist, an einem hermetisch von der Umwelt durch eine gutsitzende Krone abgeschlossenen Zahn entsteht niemals eine Karies (27)!
Somit kommt besonders der Fissurenversiegelung große Bedeutung zu, denn sie verhindert mechanisch das Eindringen kariogener Substanzen in die Fissur (6). Darüberhinaus wird der Substratnachschub für bereits in den Fissuren vorhandene Mikroorganismen unterbunden, so daß deren Lebensfähigkeit

- mögen sie aerober oder anaerober Natur sein - ein Ende gesetzt wird.

Auf die bereits erwähnten Lehrsätze der klassischen Kariesforschung angewandt, bedeutet die Sperrung der Transportwege auch, daß somit der Kontakt der Zahnoberflächen mit der Nahrung und den kariogenen Agenzien unterbunden wird und daher - wie man seit geraumer Zeit weiß - keine Karies mehr entsteht.

Der Gedanke der Versiegelung wurde auch von der Industrie aufgegriffen; in den letzten Jahren wurden eine Reihe von neuen Materialien auf diesem Gebiet entwickelt und auf den Markt gebracht.
Die wichtigsten Forderungen, die an einen Versiegelungslack gestellt werden müssen, können wie folgt zusammengefaßt werden:
a) leichte Applizierbarkeit,
b) große Haftfähigkeit,
c) hohe Mundbeständigkeit,
d) langandauernde Haltbarkeit,
e) vollständige Abdichtung.
Obwohl auf diesem Gebiet noch einige Forschungsarbeit geleistet werden muß, erscheint die Fissurenversiegelung als Methode zur Kariesprophylaxe prinzipiell allen anderen Methoden überlegen.

2.1. VERSIEGELUNGSKUNSTSTOFFE

Versuche, geeignete Versiegelungskunststoffe zu entwickeln, werden seit ca. 15 Jahren durchgeführt.

Man unterscheidet:

a) Versiegeler auf Methylmethacrylat-Basis
   Nuva Seal® (De Trey),
   Estilux® (Kulzer),
   Delton® (Johnson).

b) Versiegeler auf Polyurethan-Basis
   Epoxylite® 9070 und 9075 (von H.L.LEE entwickelt).

c) Versiegeler auf Cyanoacrylat-Basis
   Diese Stoffe sind nicht im Handel erhältlich.
   Schering Versuchsmaterial Charge M68
   Methylcyanoacrylat,
   Bayer 520 Isocyanat.

Für die Haftung der Methylmethacrylat- und Polyurethan-Versiegeler ist es notwendig, daß die Zahnoberfläche trocken ist, da diese Stoffe keine Kleber sind. Bereits Spuren von Feuchtigkeit lassen die Polymerisation abbrechen. Um die Haftung zu verbessern, wird empfohlen, die Zahnoberflächen vor der Versiegelung mit Säuren anzuätzen. Bei der

Verwendung von anionisch polymerisierenden Klebern auf Cyanoacrylat-Basis kann dagegen auf die hohen Anforderungen an Trockenheit verzichtet werden; es werden sogar Spuren von Feuchtigkeit für die Startreaktion der Polymerisation benötigt. Versuche von TAKEUCHI (7),(10) mit Äthyl-Cyanoacrylsäureester und von GWINNETT und BUONOCORE (8) mit Methyl-Cyanoacrylsäureester bestätigen den Vorteil dieser Substanzen bei der Verarbeitung auf feuchter Oberfläche gegenüber den anderen. Jedoch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, die Instabilität bei der Lagerung und die Hydrolyseanfälligkeit dieser Verbindungen auszuschalten. Diese Präparate sind nicht im Handel erhältlich.

Daneben sind verschiedene Versiegelungsmaterialien auf Methylmethacrylat-Basis entwickelt worden, u.a. Nuva Seal^{R} (BUONOCORE (11)).
Bei diesem Präparat wurde durch Vernetzung nach der Bowen'schen Formel eine wesentlich höhere Mundbeständigkeit erzielt. Nuva Seal^{R} wird bereits auf dem Markt angeboten und hat sich klinisch bewährt.

Ebenso sind Versiegeler auf Polyurethan-Basis (Epoxylite^{R} 9075) im Handel. Präparate auf dieser Basis wurden von LEE und SWARTZ (12) entwickelt.

2.2. HAFTUNG

Eine der wichtigsten Forderungen an einen Versiegelungslack ist die Haftung.
Unter dem Begriff Haftung werden sowohl die rein mechanische Verankerung zweier Materialien als auch deren chemische Bindungen verstanden.

a) Chemische Bindungen

Zu den chemischen Bindungen gehören die Bindungen durch die "Van der Waals'schen Kräfte " (Adhäsionskräfte) (14). Unter Adhäsion versteht man die Anziehung der Moleküle zweier verschiedener Stoffe, wenn der Molekülabstand unter 0,4nm liegt. Die Van der Waals'schen Kräfte wirken in einem Abstand von 0,3 - 0,4 nm.
Ebenso kann die Haftung durch ionische, kovalente und metallische Bindungen erreicht werden.
Chemische Bindungen sind nach BUONOCORE (14) stabiler als physikalische.

b) Physikalische oder mechanische Bindungen

Die Bindungen physikalischer oder mechanischer Art können nach GWINNETT (13) als einfache physikalische Einschließungen von Material in Poren oder Höhlen, die natürlich vorhanden sind oder künstlich geschaffen werden, definiert werden.
Daher spielt bei der Haftung der Versiegelungslacke die große Zahl der natürlich vorhandenen Poren im Zahnschmelz eine sehr wichtige Rolle.

Um eine optimale Haftung der Versiegelungslacke auf der Schmelzoberfläche zu erzielen, ist es nötig, einerseits für eine rauhe und zerklüftete Oberfläche und andererseits für eine hohe Viskosität des Haftmittels zu sorgen.
Nur so ist eine gleichmäßige Benetzung kleinster Ritzen und Spalten im Schmelz gewährleistet.

2.3. ANÄTZEN

Vor ca. 20 Jahren - im Jahre 1955 - beschrieb BUONOCORE (15) bereits eine wirksame Methode, die Bindung von Acryl-Füllmaterialien auf Zahnschmelzoberflächen zu erhöhen.
Er bediente sich dabei 50%-iger Phosphorsäure, die durch Ätzung die Haftung von Versiegelungskunststoffen auf glatten Oberflächen erhöht.
Ebenfalls wurden 50%-ige Zitronensäure und 10%-ige Ameisensäure zur Konditionierung verwendet.

Auch GWINNETT (13) schließt sich dieser Meinung an. Er untersuchte 1967 die Ultrastruktur der prismenfreien Schmelzabschnitte u.a. mit polarisationsoptischen und elektronenmikroskopischen Methoden. Dabei stellte er fest, daß die Eindringtiefe des Kunststoffes in prismenlosem peripherem Zahnschmelz im Vergleich zu prismatischem wesentlich geringer ist.
Mikroskopische Untersuchungen von RIPA,GWINNETT und BUONOCORE (17) an 28 Milchzähnen und 100 permanenten Zähnen ergaben, daß alle Milchzähne, aber nur 70% der bleibenden Zähne eine prismenlose Schicht besaßen.
Diese prismenlose Schicht soll einen nur geringen Halt des Cyanoacrylats an Milchzähnen zur Folge

haben. GWINNETT und MATSUI (18) ätzten Zähne an und benutzten verschiedene Kunstharze zur Versiegelung. Die Zähne wurden anschließend geschnitten und entkalkt; es blieb nur noch die aufgetragene Kunstharzschicht übrig.
Die Unterseite dieser Lackschicht zeigt in mikroskopischen Untersuchungen ein Bild mit borstenartigen Lackzipfeln. Diese hatten eine Länge von 10 - 25 µm, die längsten Zipfel (25 µm) waren bei den Cyanoacrylaten entstanden.

Daraus folgt, daß bei allen Kunstharzen der mechanische Halt auch eine wichtige Rolle spielen muß und die Cyanoacrylate wegen ihrer geringen wasserartigen Viskosität das größere Eindringvermögen haben.

Da Versiegeler auf Methylmethacrylat-Basis nur bei vollständiger Trockenheit polymerisieren, strebt man neben der Ätzung eine gleichzeitige Reinigung der Schmelzoberfläche von organischen Belägen an. Auf Grund des allgemeinen Mißtrauens gegen die Anätzung hat man bei der Einführung dieser Präparate durch den Namen 'cleanser' den Schwerpunkt auf die Reinigung gelegt und die ätzende Wirkung der Säuren nicht ausdrücklich erwähnt.
Wird für Kunststoffversiegeler zwar durch Anätzung eine bessere Haftmöglichkeit erreicht (KESSLER (28), VAHL (24)), so ist dieses Verfahren nicht ganz

problemlos (NEWESELY (20)) und mit großer Wahrscheinlichkeit sogar überflüssig.

Wir wollen nun überprüfen, ob einmal eine gleichmäßige Reinigung der Schmelzoberfläche erzielt werden kann und ob zum anderen durch Anätzung der Oberfläche zapfenförmige Hohlräume in der interprismatischen Substanz entstehen, die - durch Eindringen des Versiegelers - für die Haftung in erster Linie verantwortlich gemacht werden (VAHL (24)).
Diese Auffassung wird auch in Werbeprospekten vertreten.

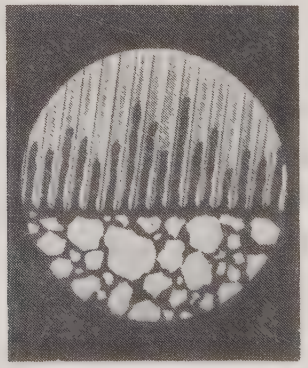


Abbildung aus dem Werbeprospekt der Firma 3M Deutschland GMBH, die die Wirkungsweise des Präparats 'Concise-Bond System R' verdeutlichen soll.

LENZ glaubt, wegen der anionischen Polymerisation

der Cyanoacrylate auf eine Anätzung der Schmelzoberfläche verzichten zu können. Er konnte auf elektronenmikroskopischen Bildern zeigen, daß eine dünne kolloidale Feuchtigkeitsschicht (Schmelzoberhäutchen), die nur an der Oberfläche vorhanden ist, als Donator für Anionen fungieren muß und nach erfolgter Polymerisation nicht mehr sichtbar ist (19). Das Cyanoacrylat hat bei der Polymerisation das Schmelzoberhäutchen "aufgezehrt" (27) bzw. durchdrungen und liegt nun dem Schmelz dicht auf. Dabei ist es tief in alle Schmelzspalten eingedrungen.

3. MATERIAL UND METHODE

Die folgenden Untersuchungen wurden an extrahierten menschlichen Molaren und Prämolaren durchgeführt. Es handelt sich vorwiegend um klinisch kariesfreie Prämolaren von jüngeren Patienten. Diese Zähne wurden aus kieferorthopädischen Gründen entfernt.

Zur Versiegelung wurden folgende Zahnversiegelungslacke benutzt:

1) Nuva Seal^{R} (Caulk),
2) Estilux^{R} (Kulzer),
3) Charge M68 Methylcyanoacrylat (Schering),
4) Isocyanat (Bayer B 520) .

Unmittelbar nach der Extraktion wurden die Zähne nach Vorschrift der Herstellerfirmen wie folgt behandelt:

a) Die mit einer Reinigungspaste (Zirkate^{R}) und einer rotierenden Bürste gereinigten Zähne wurden mit Wasser abgespült und mit dem Luftbläser getrocknet.

b) Anschließend erfolgte die Anätzung : bei den Präparaten 1 und 2 mit dem mitgelieferten Conditioner; bei den Präparaten 3 und 4 mit 50%-iger Phosphorsäure. Die Einwirkzeit betrug jeweils 60 Sekunden.

c) Hinterher wurden die Zähne erneut mit dem Wasserstrahl abgespült und mit Druckluft getrocknet.

d) Nun wurde mit einem feinen Pinsel der Versiegelungslack auf die Occlusionsflächen aufgetragen. Dabei wurde darauf geachtet, daß der Lack auch in die Fissuren einfließen konnte.

e) Für die mit den Präparaten 1 und 2 versiegelten Zähne folgte nun die Polymerisation durch ultraviolette Strahlen der Aktivatorlampe (Nuva Lite, Caulk). Einwirkzeit: ca. 30 sec. Die als Versiegelungsmaterial benutzten Lacke der Firmen Schering und Bayer polymerisierten innerhalb kurzer Zeit ohne UV-Bestrahlung an der Luft.

Um die Ätzwirkung auf der Schmelzoberfläche und die Eindringtiefe der Versiegelungsmaterialien festzustellen, wurde nun wie folgt vorgegangen:

1) Gereinigte und angeätzte Zähne werden durch Goldbeschichtung für die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung vorbereitet.

2) Von gereinigten, angeätzten und versiegelten Zähnen werden Dünnschnitte und Ultradünnschnitte für die durchstrahlungselektronenmikroskopische Untersuchung hergestellt.

3) Gereinigte, angeätzte und versiegelte Zähne werden für die rasterelektronenmikroskopische

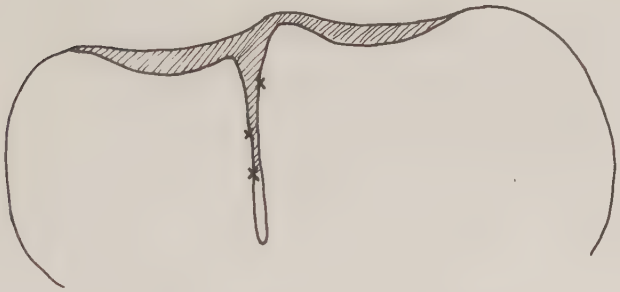
Untersuchung mit Gold beschichtet.

4) Es werden Negativ-Abdrücke von natürlichen geätzten Schmelzoberflächen hergestellt und nach Goldbeschichtung im Rasterelektronenmikroskop untersucht.

Zu 1):
Die Zähne wurden mit einer rotierenden Bürste gereinigt und anschließend mit 50%-iger Phosphorsäure 60 Sekunden lang angeätzt. Der Ätzvorgang wird durch Spülen mit Wasser abgebrochen. Danach wurden die Zähne im Vakuum mit Gold bedampft, um sie für die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung leitfähig zu machen.

Zu 2):
Zur Herstellung von Dünnschnitten wurden die versiegelten Zähne in Mikropal eingebettet und anschließend im Trockenschrank bei ca. 60 ^{o} C in etwa 12 - 36 Stunden polymerisiert.
Die entstandenen Mikropalblöcke mit den eingeschlossenen Zähnen wurden mit einer Steinschneidemaschine in ca. 0,8 mm dicke Scheiben geschnitten, die lichtmikroskopisch überprüft und an den für die weiteren Untersuchungen interessanten Stellen markiert wurden. (Vergrößerungsverhältnis 1:15)
Danach wurden die Dünnschnitte für Gelatinekapseln passend geschnitten und erneut in Mikropal

eingebettet. Die anschließende Polymerisation erfolgte wie unter 1) beschrieben.
Nach Entfernung der Gelatinekapseln wurden die Präparate in einen Präparatehalter eingespannt, um sie an den markierten Stellen (siehe Zeichnung) anzuspitzen.



Diese Skizze zeigt, an welchen Stellen (+) der Fissur die Untersuchungen vorgenommen wurden. Die schraffierte Schicht stellt den Versiegelungslack dar.

Dabei wurden die elektronenmikroskopisch zu untersuchenden Stellen mit Hilfe einer Trimmvorrichtung der Firma C.Reichert an die Spitze einer vierseitigen,stumpfwinkligen Pyramide gelegt. Von den derartig angespitzten Präparaten wurden an einem LKB Ultratome Type 4801 mit Diamantmessern Ultradünnschnitte von etwa 400 Å Stärke hergestellt und in 2%-igem

Alkohol aufgefangen. Anschließend zog man die Ultradünnschnitte auf mit Formvarfilm beschichteten Kupfernetzen auf.
Die Untersuchung der Ultradunnschnitte erfolgte mit Hilfe eines Elektronenmikroskops bei einer Strahlspannung von 80 KV (Elmiskop I A, Siemens).

Zu 3):
Die Zähne wurden wie unter 1) beschrieben behandelt. Zusätzlich erfolgte nach der Atzung die Versiegelung, die der Vorschrift der Hersteller entsprechend durchgeführt wurde.

Zu 4):
Für die Herstellung von Negativ-Abdrücken wurden in einer weiteren Versuchsreihe die - wie oben beschrieben - angeätzten und versiegelten Zähne in 10 %-ige HCl überführt. Dadurch löste sich die Lackschicht durch Auflösung des Schmelzes ab. Für die Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop wurden die entstandenen Negativ-Abdrücke wie unter 1) beschrieben mit Gold bedampft.

4. ERGEBNISSE

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Untersuchungen unterteilt nach Reinigung, Ätzung und Versiegelung dargestellt.

4.1. MECHANISCHE REINIGUNG

Es zeigte sich, daß besonders spaltartige und ampullenförmige Fissuren nur unzureichend bzw. überhaupt nicht mechanisch gereinigt werden können. Trotz vorheriger gründlicher Reinigung mit Reinigungspaste und Bürste hafteten an den Negativ-Abdrücken noch Mikroorganismen (Vgl. Abb. 1 und 2).
Ebenfalls zeigten rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen, daß sogar Reste des Reinigungsmittels im unteren Bereich der Fissur verblieben waren. Wir konnten ferner immer wieder beobachten, daß weite Bereiche an den Fissurenhängen mit Plaque bedeckt blieben (Vgl. Abb. 3 und 4).
Die Reinigungswirkung war in jedem Fall von der Fissurenform abhängig.

4.2. ÄTZUNG

Nach der vorgeschriebenen Ätzdauer von 60 Sekunden waren Prismenmuster deutlich zu erkennen. Teils

waren die Prismen selbst stärker geätzt, teils waren die interprismatischen Bereiche stärker betroffen.
Es entstanden jedoch auf engstem Raum bei gleicher Ätzdauer unterschiedliche Ätzmuster (Vgl. Abb.7 und 8), d.h. es wurden einzelne Anteile der Schmelzstruktur oft in unterschiedlicher Tiefe herausgelöst. Wir konnten keine typischen Muster in Abhängigkeit von der Ätzdauer - wie sie in der Literatur beschrieben sind (24) - finden.
In den Dünnschnittbildern war bei zu starker Ätzung eine porös aufgelockerte,schwammartig veränderte Schmelzstruktur erkennbar, die abhängig von der Ätzdauer bis zu 200 µ in die Tiefe reichte (Vgl. Abb. 10).
Die Negativ-Abdrücke von der Unterseite des Versiegelers bestätigen die unterschiedlichen Ätzmuster auf der Schmelzoberfläche (Vgl. Abb.5 und 6).

4.3. VERSIEGELUNG

Es zeigte sich, daß alle Versiegeler sehr gut netzten und durchweg gut ausflossen, was besonders in den Aufnahmen von Randpartien gut zu erkennen war (Vgl. Abb. 9, 11 und 12).
Die Lackschicht war weit gespreizt und bedeckte die gesamte Oberfläche. Allerdings zeigten einige

Dünnschnittbilder, daß der Lack bei spaltförmigen und ampullenartigen Fissuren nicht bis in den Fissurengrund ausfließen konnte. Der Grund dafür ist nicht ein zu geringes Fließvermögen, sondern die auf dem Fissurengrund befindlichen Plaquereste, Mikroorganismen und sogar Reste der Reinigungspaste. Soweit die Schmelzoberfläche sauber war, entstand ein enger Kontakt; zwischen Lack und Schmelz war kein Spalt mehr erkennbar. Die abgelöste Lackschicht wies auf ihrer Rückseite nur in Teilbereichen Lackfahnen auf. Es war erkennbar, daß der Lack in die durch Ätzung entstandenen Zwischenräume einfloß. Allerdings entstanden dabei keine Fahnen als Haupthaftvermittler, die - wie vom Hersteller angegeben - in die interprismatischen Räume eindringen sollten.

Unsere Aufnahmen zeigten, daß die Lackfahnenstruktur wesentlich feinmaschiger und subtiler war (filigranes Maschenmuster) als in Werbeprospekten aufgezeigt (Vgl. Werbeskizze des Präparats "Concise-Bond System",Seite 18 und Abb. 5 und 6). Bei erhöhter Ätzdauer erhielten wir Negativ-Abdrücke mit schwammartigen, porösen Erscheinungsbildern des Versiegelungslacks.

4.4. NEBENBEFUND

Aufnahmen der Negativ-Abdrücke ergaben als Nebenbefund, daß z.B. bei zentral gefüllten Zähnen die nach längerer Liegedauer entstandenen Randspalten durch den Versiegeler ausgefüllt wurden.
Ebenfalls wurden mit dem Versiegelungslack Schmelzsprünge ausgefüllt (Vgl. Abb. 13).

5. DISKUSSION

Ohne Zweifel gehört die Versiegelungstherapie - trotz ihrer Erfolge - immer noch zu den umstrittenen Prophylaxemaßnahmen. Ihr Erfolg im Verhältnis zum Aufwand wird von einigen Verfassern als zu gering angesehen.

Nach EAMES (22) sollte man die konventionellen Kariesprophylaxemaßnahmen verbessern und in diesem Zusammenhang noch mehr auf Ernährung, Hygiene und Behandlung kleinster Fissurenkaries achten, anstatt von Jahr zu Jahr erneut Zeit darauf zu verwenden, Versiegelungslacke wegen ihrer - nach EAMES' Ansicht - zu geringen Haltbarkeit wiederholt aufzutragen.

Auch MÜHLEMANN (21) hält eine Versiegelung mit den bislang erhältlichen Präparaten noch für ein Experimentieren mit ungeeigneten Mitteln, da eine Versiegelung approximal und cervikal nur unzureichend oder gar nicht durchzuführen ist.

Für KÖNIG (23) ist das Ablösen der Lackschicht ein großes Problem. Durch das Anätzen verliert die oberste Schmelzschicht ihr schützendes Fluorid, so daß diese bei Ablösung des Lacks gegenüber kariogenen Noxen stärker anfällig wurde

als zuvor.

Nach NEWESELY (20) soll das Anätzen zu einer tiefen Strukturauflösung des Schmelzes führen. Die Auflockerung des Schmelzgefüges ist dabei tiefer als das Cyanoacrylat eindringen kann. Außerdem wirkt die restliche, nicht mehr entfernbare Säure noch nach einigen Wochen unter der Versiegelung als schädigendes Agens.

Diese eher ablehnenden Meinungen beziehen sich auf Versiegeler, die in der Tat noch nicht allen Erwartungen hinsichtlich ihrer Haftfestigkeit, ihrer Mundbeständigkeit und ihrer Applizierbarkeit entsprachen.
Neuere Untersuchungen mit verbesserten Präparaten zeigten jedoch, daß diese in der Lage sind, eine ausreichende Sperrung der Transportwege gegenüber kariogenen Substanzen aus der Mundhöhle zu erreichen und damit eine Karies zu verhindern. Die Sperrung der Transportwege setzt eine große und langfristige Haftfestigkeit der Versiegelersubstanz voraus. Es zeigte sich, daß die Versiegelungslacke auf einer sauberen Oberfläche optimal haften können.

Prinzipiell stellt die Reinigung der unterschiedlichen Fissuren ein Problem dar. In diesem Zusammenhang soll noch einmal auf die unterschied-

lich geformten Fissuren eingegangen werden.
Wir unterscheiden vier Fissurentypen (6):

1) Die muldenförmige Fissur:

2) Die trichter- bzw. V-förmige Fissur:

3) Die spaltartige Fissur:

4) Die ampullenförmige Fissur:

Daraus folgt, daß die Fissurentiefe bzw. die Fissurenquerschnitte auf der Occlusalfläche eines Zahnes unterschiedlich tief sein können, d.h. die Fissuren können sich auf den peripheren Schmelzmantel der Zahnkrone beschränken, sich aber auch

bis in den dentinnahen Bereich hinein erstrecken. Dünnschnitte von Zähnen zeigen, daß alle vier Fissurentypen innerhalb einer Zahnoberfläche auftreten können.

Die Selbstreinigung der Zähne ist besonders im spalt-und ampullenförmigen Bereich der Fissuren kaum möglich, so daß sich hier leicht kariogene Plaques ansammeln können. Diese Bereiche entziehen sich daher einer wirksamen konventionellen Kariesprophylaxe.

Die Hersteller der Versiegelungslacke empfehlen die Reinigung der Zahnoberfläche mit 'Cleansern'. Die erwartete Reinigungswirkung läßt sich auf der occlusalen Schmelzoberfläche mit ihren Fissuren jedoch nur in Teilbereichen erzielen. Wir konnten immer wieder beobachten, daß vor allem an den Hängen und in Fissurennähe größere Bereiche mit Plaqueresten bedeckt blieben. Diese Stellen sind deshalb ein Hemmnis für die Polymerisation der Versiegeler auf Methacrylat-Basis; hier kann keine Haftung des Versiegelermaterials eintreten.

Sofern der Versiegelungslack die Fissur dicht abschließt und die Transportwege unterbricht, brauchen wir den auf der Schmelzoberfläche und den in der Fissurentiefe verbliebenen Mikroorganismen keine Bedeutung zuzumessen, da sie

nach unseren Beobachtungen nach einiger Zeit absterben und keine Sekundärkaries verursachen (29).

In diesem Zusammenhang ist noch auf den in den Ergebnissen erwähnten Nebenbefund einzugehen:
Da die Versiegelersubstanz in Schmelzsprünge und in Fissurenspalten tief eindringt, hätte man mit dem Versiegelungslack eine Möglichkeit, Prädilektionsstellen für Karies auszuschalten. So wäre es praktisch denkbar, auch bereits gefüllte Zähne zu versiegeln.

Sollte jedoch die Polymerisation teils durch Plaquereste teils durch Spuren von Feuchtigkeit auf der Schmelzoberfläche unterbrochen oder gestört worden sein, so ist die Haftfestigkeit der Versiegelungslacke in Frage gestellt. Versuche von MELEROWITZ und LENZ (31) zeigen, daß die Haftung von Versiegelungsmaterialien unter optimalen Bedingungen - d.h. an gereinigten, angeätzten und trockenen Schmelztestflächen - tatsächlich durch die Ätzung erhöht wurde (etwa 70 - 100 kg/cm^2).
Diese optimalen Bedingungen lassen sich jedoch nur in vitro herstellen; sie sind im Munde des Patienten nicht erreichbar.

Auf Grund der eigenen Versuche ließ sich eine Oberflächenvergrößerung durch Anätzung jedoch nur in Teilbereichen erzielen, nämlich nur an den Stellen, die vorher gründlich gereinigt werden konnten.

Ebenso bestätigen unsere Versuche nicht, daß durch die vorgeschriebene Ätzdauer von 60 Sekunden nach der Versiegelung Lackfahnen entstanden sind, die gleichmäßig tief in den Schmelz hineinreichen und dadurch hauptsächlich für die Haftung der Versiegelersubstanz auf der Zahnoberfläche verantwortlich sein sollen. Unsere Negativ-Abdrücke zeigten dagegen ein feines Muster - wie bereits in den Ergebnissen ausgeführt. Diese feingliedrigen Lackfahnen können mit Sicherheit nicht allein für die Haftfestigkeit der Versiegelersubstanz ausschlaggebend sein. Vielmehr scheint die Haftfestigkeit auf dem engen Kontakt zwischen Versiegeler und Zahnoberfläche zu beruhen. Der Zwischenraum zwischen Versiegeler und Schmelzoberfläche beträgt in diesen Bereichen weniger als 10 Å. Somit können Van der Waals'sche Kräfte wirksam werden.

Versucht man dagegen durch längere Einwirkzeit des Ätzmittels auch die schwer zugänglichen Stellen anzuätzen, so erhält man nicht - wie

andere Verfasser z.B. J.VAHL und U. WOSIEWITZ (24) berichten - ein gleichmäßig tiefes Ätzmuster, sondern - wie unsere elektronenmikroskopischen Bilder der Negativ-Abdrücke zeigen - eine poröse, schwammartig aufgelockerte Schmelzoberfläche. Diese Auflockerung kann je nach Ätzdauer recht tief in den Schmelz hineinragen. Nicht nur die interprismatischen Bereiche sind betroffen, das Gefüge der Prismen an sich wird aufgelockert.

Dieser Befund läßt den Schluß zu, daß die Haftung der Versiegelungslacke bei verlängerter Ätzdauer keineswegs erhöht wird. Das Gefüge des Schmelzes wird sogar soweit zerstört, daß bei Belastung Partien des Schmelzes aus dem Verband herausgerissen werden können. Anschaulich könnte man dieses Phänomen mit einer Tapete vergleichen, die auf eine lockere, poröse Putzschicht aufgeklebt wird. Die Tapete löst sich samt Putzschicht ab.

Die Versiegelungslacke können aber dennoch längere Zeit halten, da die natürlichen mechanischen Retentionsstellen des Zahns die Lackschicht am Abreißen hindern.

Trotz der außerordentlichen Beständigkeit des Kunststoffilms gegen Einwirkungen des Mundmilieus ist ein Fehlen der Lackschicht nach etwa 2 Jahren

bei ca. 10 % der versiegelten Zähne beobachtet worden (25). Für die vorzeitige Ablösung des Films bzw. die begrenzte Haltbarkeit von Versiegelern auf Methylmethacrylat-Basis sind mit großer Wahrscheinlichkeit Spuren von Feuchtigkeit und Plaquereste verantwortlich, die die Polymerisation beeinträchtigen.
Es kann vorkommen, daß die Versiegelersubstanz sich einerseits über den zurückgebliebenen Plaqueresten abhebt oder sich andererseits durch Feuchtigkeitseinwirkungen vom Rand her ablöst. Untersuchungen von HAMMLER (32) haben ergeben, daß auch bei Verlust der Lackschicht auf der Zahnoberfläche noch genügend Anteile des Lacks im Schmelzgefüge zurückbleiben, um den Transport kariogener Substanzen aus der Mundhöhle zu unterbrechen. Diese Beobachtung kann als Erklärung für die Tatsache angesehen werden, daß auch bei Verlust der Lackschicht kaum Karies aufgetreten ist.
Die Forderung nach vollständiger Trockenheit bei Präparaten auf Methacrylat-Basis scheint im klinischen Bereich nicht erreichbar zu sein. Man sollte deshalb Präparate aus der Cyanoacrylat-Reihe heranziehen, da diese ein hohes Wasseraufnahmevermögen haben und durch Spuren von Feuchtigkeit polymerisieren. Dadurch könnten zurückblei-

bende Plaquereste "eingebettet" werden.
Allerdings sind die Cyanoacrylate nicht mundständig.
Um möglichst die Vorteile beider Materialien - zum einen die hohe Mundbeständigkeit und zum anderen die anionische Polymerisation durch Spuren von Feuchtigkeit - ausnutzen zu können, sollte man untersuchen, inwieweit diese Materialien kombiniert angewandt werden können.
So müßte man zuerst einen Kleber auf Cyanoacrylat-Basis auf die gereinigte Schmelzoberfläche auftragen. Nach der Polymerisation wird auf die nun glatte, leichter trocken zu legende Kunststoffschicht der Versiegeler auf Methylmethacrylat-Basis aufgebracht. Abrißversuche haben gezeigt (28), daß beide Stoffe fest aufeinander haften. Es werden Haftwerte von über 30 kg/cm^2 erreicht.

Darüberhinaus bleibt zu untersuchen, ob man bei einem derartigen Verfahren der sog. 'Kombinationsversiegelung' auf Grund des hohen Haftvermögens der Cyanoacrylate und deren Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeitsspuren auf vorheriges Anätzen der Schmelzoberfläche verzichten kann. Der in der praktischen Anwendung größere Zeitaufwand für das kombinierte Auftragen beider Präparate könnte durch den Verzicht auf die Anätzung eventuell ausgeglichen werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe von raster- und durchstrahlungs-elektronenmikroskopischen Untersuchungen an gereinigten und angeätzten Schmelzoberflächen klinisch kariesfreier Prämolaren sollte die Reinigungs- und Ätzwirkung der benutzten Conditioner als vorbereitende Maßnahme für die Versiegelung der Occlusalflächen überprüft werden. Außerdem sollte untersucht werden, in wieweit die Versiegelungsmaterialien in der Lage sind, in Fissuren und interprismatische Bereiche einzudringen und diese vor kariogenen Noxen aus der Mundhöhle durch Abdichtung zu schützen.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß bei der Verwendung von Versiegelern auf Methylmethacrylat-Basis eine vorherige Reinigung und Anätzung der Zahnoberfläche zu empfehlen ist.

Zwar sind auf der Schmelzoberfläche zahlreiche natürliche Retentionsstellen vorhanden; man erzielt aber durch Anätzung eine weitere Vergrößerung der Schmelzoberfläche als Voraussetzung für eine größere Haftfestigkeit.

Die Einwirkzeit des Ätzmittels muß jedoch nach Anweisung der Hersteller eingehalten werden. Bei Überschreitung der vorgeschriebenen Ätzdauer wird die Schmelzoberfläche porös aufgelockert

und neigt dazu - sofern die natürlichen Retentionsstellen auf der Zahnoberfläche nicht mehr wirksam sein können - mit dem Kunststoffilm zusammen abzureißen.

Die Untersuchungen zeigen ferner, daß keineswegs eine so einheitliche Aufrauhung der Schmelzoberfläche durch Anätzung erreicht wird, wie bisher angenommen wurde. Selbst innerhalb kleinster Bereiche zeigten sich bei gleicher Ätzdauer sehr unterschiedliche Ätzmuster.
Die von den Herstellern versprochene Reinigung durch entsprechende Ätzmittel (Cleanser) wurde nur an leicht zugänglichen Stellen der Schmelzoberfläche erzielt. Insbesondere in den Fissuren und in Fissurennähe wurden auch nach der Anätzung mit Plaques bedeckte Bereiche festgestellt, die eine exakte Trockenlegung dieser Stellen - wie sie bei der Verwendung von Versiegelern der Methacrylat-Reihe erforderlich ist - verhindern. Somit ist die Haftung dieses Versiegelungslacks an diesen Stellen der Schmelzoberfläche stark beeinträchtigt.
Allerdings zeigten unsere Versuche, daß die benutzten Versiegeler durch ihr hohes Fließvermögen und ihre Haftfestigkeit - es waren keine Spalten zwischen Schmelz und Versiegeler zu erkennen - in der Lage sind, vorhandene

Fissuren dicht abzuschließen. Dadurch sind die Transportwege der kariogenen Noxen blockiert. Den trotz Reinigung auf dem Fissurengrund verbliebenen Mikroorganismen braucht man dann keine Bedeutung mehr zuzumessen.
In diesem Zusammenhang zeigte sich noch eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Versiegelungslacke bei der Füllungstherapie. Durch ihr hohes Fließvermögen sind die Versiegelungskunststoffe in der Lage, in Schmelzspalten einzudringen und diese abzudichten. Dies trifft sowohl für Spalten zwischen Füllungen und Schmelz als auch für Schmelzsprünge zu - wie aus unseren Untersuchungen hervorgeht.

Da es praktisch nur schwer möglich ist, einen Zahn im Munde des Patienten sowohl vollständig zu reinigen als auch exakt trocken zu legen, wird der kombinierten Anwendung von Cyanoacrylaten wegen ihrer anionischen Polymerisation durch Spuren von Feuchtigkeit und Methacrylaten wegen ihrer hohen Mundbeständigkeit künftig immer mehr Bedeutung zukommen.
Inwieweit man bei der kombinierten Anwendung der erwähnten Präparate auf eine vorherige Anätzung verzichten kann, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

7. ÜBERSICHT ÜBER DIE ABBILDUNGEN

Abb. 1 und 2 : Negativ-Abdruck mit Mikroorganismen

Abb. 3 und 4 : Mit Plaqueresten bedeckte Fissurenabhänge

Abb. 5 und 6 : Durch Ätzung entstandene unterschiedliche Prismenmuster an Negativ-Abdrücken

Abb. 7 und 8 : Unterschiedliche Ätzmuster bei gleicher Ätzdauer

Abb. 9 : Gleichmäßig ausgeflossener Versiegelungslack auf der Zahnoberfläche

Abb. 10 : Porös aufgelockerte, schwammartig veränderte Schmelzstruktur bei zu starker Ätzung

Abb. 11 und 12: Verbindung von Schmelz und Versiegeler

Abb. 13 : In einen Schmelzsprung ausgeflossener Versiegeler

8. ABBILDUNGEN

Abb. 1 Negativ-Abdruck mit Mikroorganismen

Abb. 2 Negativ-Abdruck mit Mikroorganismen

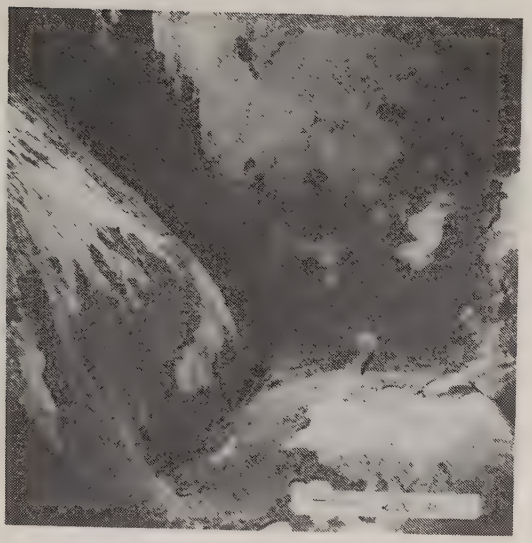


Abb. 3 Mit Plaqueresten bedeckte Fissurenabhänge

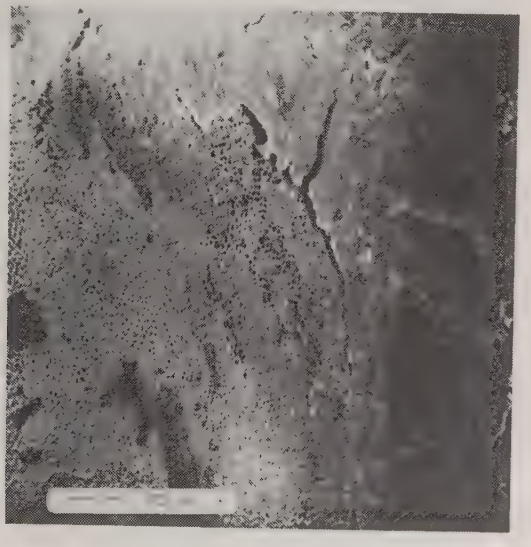


Abb. 4 Mit Plaqueresten bedeckte Fissurenabhänge

Abb. 5

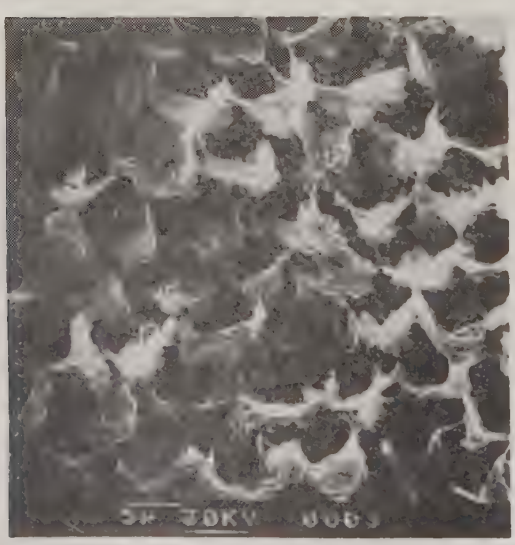


Abb. 6

Abb. 5 und 6 Durch Ätzung entstandene unterschiedliche Prismenmuster an Negativ-Abdrücken

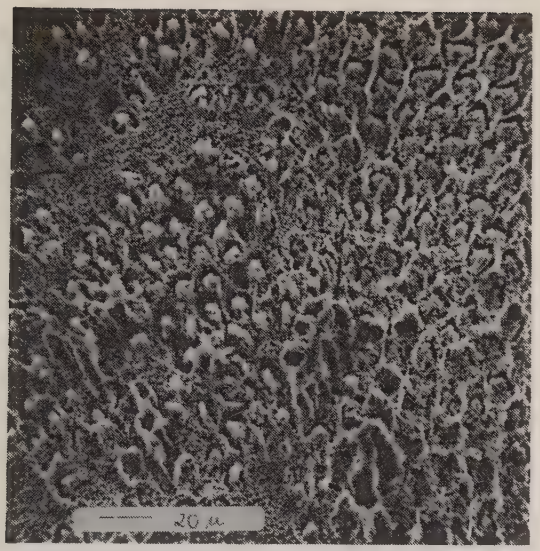


Abb. 7

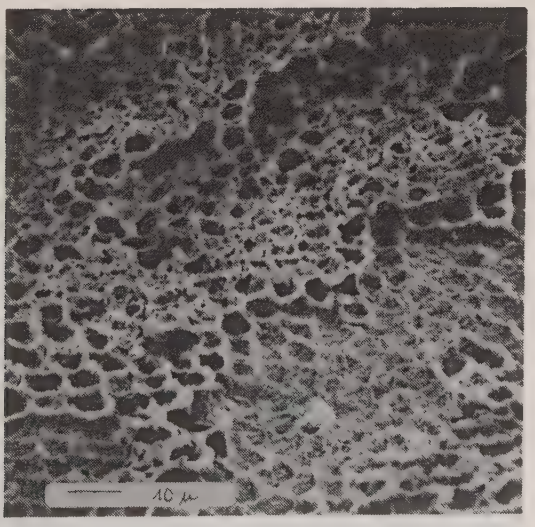


Abb. 8

Abb. 7 und 8 Unterschiedliche Ätzmuster bei gleicher Ätzdauer

Abb. 9 Gleichmäßig ausgeflossener Versiegelungslack auf der Zahnoberfläche

Abb. 10 Porös aufgelockerte, schwammartig veränderte Schmelzstruktur bei zu starker Ätzung

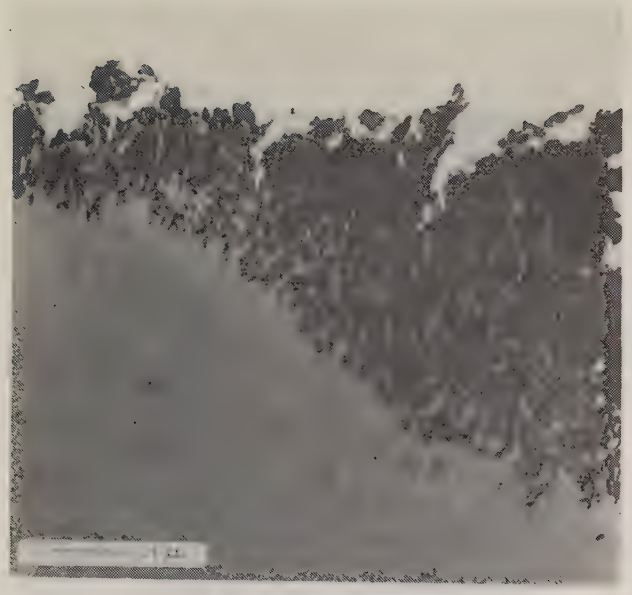


Abb. 11

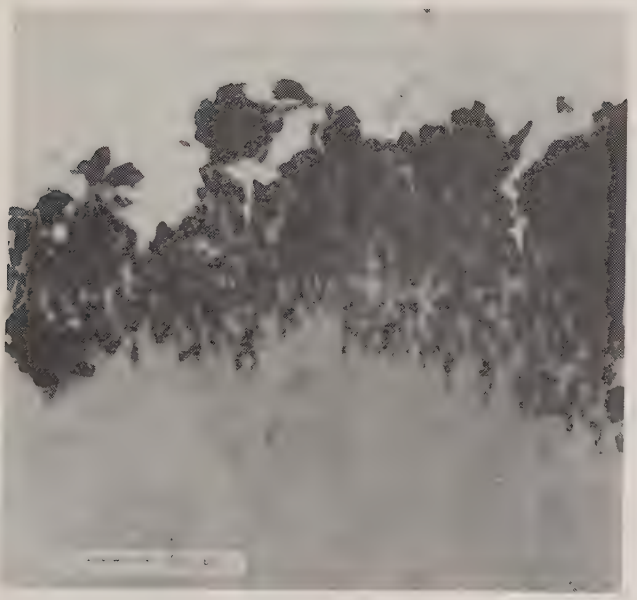


Abb. 12

Abb. 11 und 12 Verbindung von Schmelz und Versiegeler

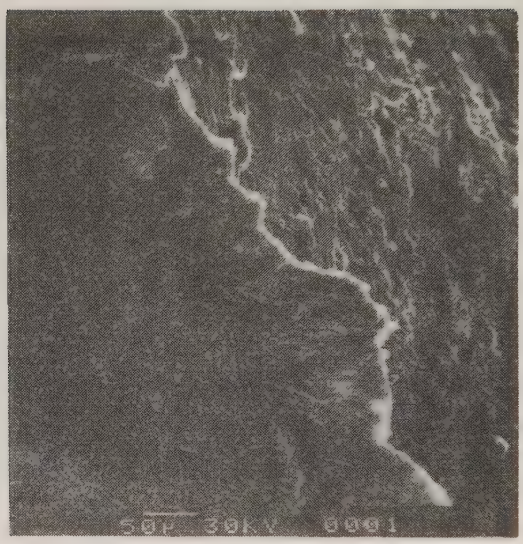


Abb. 13 In einen Schmelzsprung ausgeflossener Versiegeler

9. QUELLENANGABEN

1) BUONOCORE, M. G. Caries prevention in pits an fissures sealed with an adhesive resin polymerized by ultraviolet light: A two year study of a single adhesive application. J.Amer.dent.Ass. 82, 1090-1099, 1971

2) KANEKO, T. Kariesprophylaxe durch Versiegelung von Zahnfissuren. Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 620-628, 1969

3) SCHMEISSNER, H. Chemische und physikalische Eigenschaften der Cyano-Acrylate. Dtsch. zahnärztl.Z. 25, 907 - 913, 1970

4) TETSCH,P. SCHOETTLER,M. Nahtloser Wundverschluß nach operativen Eingriffen in der Mundhöhle. Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 181 - 185, 1972

5) SCHMEISSNER,H. WEBER,H.-J. Bakteriologische Untersuchungen über Histoacryl als direktes Pulpaüberkappungsmittel. Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 285 - 289, 1971

6) KRETER, F.
LINK, P.M.
Die Liner-Technik (Versiegelung) und Möglichkeiten medikamentöser Kariesbeeinflussung.
Der Freie Zahnarzt 12,
778 - 790, 1974

7) TAKEUCHI,M.
A method of caries prevention by sealing of the pit and fissures with resin adhesive.
J.Oral Hyg.Soc. 16 ,
155 - 168, 1966

8) GWINNETT,A.J.
BUONOCORE,M.G.
Adhesives and caries prevention, a preliminary report.
Brit.dent.J. 119,
77 - 80, 1965

9) LENZ,H.
Persönliche Mitteilung 1976

10) TAKEUCHI,M.
KIZU,T.
SCHIMIZU,T.
ETO,M.
AMANO,F.
Sealing of the pit and fissures with resin adhesive
I. Results of sealing on extracted teeth
II. Results of nine months' field work, an investigation of electric conductivity of teeth.
Bull. Tokyo dent.Coll. 7,
50 - 71, 1966

11) BUONOCORE,M.G.
Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention, with use of ultraviolet light.
J.Amer.dent.Ass. 80,
324 - 328, 1970

12) LEE,H.L.
SWARTZ,M.L.
Sealing of developmental pits and fissures.
I. In vitro study.
J.dent. Res. 50,
133 - 140, 1971

13) GWINNETT,A.J.
The bonding of sealants to enamel.
J.Am.Soc.Prev.Dent. 3,
21 - 29, 1973

14) BUONOCORE,M.G.
Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials.
J.Amer.dent.Ass. 67,
382 - 391, 1963

15) BUONOCORE,M.G.
A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces.
J.Dent.Res. 34,
849 - 853, 1955

16) GWINNETT,A.J.
The ultrastructure of the "prismless" enamel of permanent teeth.
Arch.Oral Biol. 12,
381 - 387, 1967

17) RIPA, L.W.
GWINNETT,A.J.
BUONOCORE,M.G.
The "prismless outer layer of deciduous and permanent enamel.
Arch.Oral Biol. 11,
41 - 48, 1966

18) GWINNETT,A.J.
MATSUI,A.
A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesives. Arch.Oral.Biol. 12, 1615 - 1620, 1967

19) LENZ,H.
Persönliche Mitteilung 1972/3

20) NEWESELY,H.
Zur Noxe durch Conditionierung bei der Schmelzversiegelung.
Vortrag bei der Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung der DGfZMK, Kiel 11.1.1974
Dtsch.zahnärztl.Z. 30, 508 - 512, 1975

21) MÜHLEMANN,H.R.
in ' Die Weltwoche', Zürich 14.6.1972

22) EAMES,W.B.
Pit and fissure sealants. J.Ga.dent.Ass. 46, 20 - 22, 1972
zit. nach Ref. in Zahnärztliche Welt 13, 682, 1973

23) KÖNIG,K.G.
in 'Die Weltwoche' Zürich 14.6.1972

24) VAHL,J.
WOSIEWITZ,U.
Feinreliefstudien konditionierter Schmelzflächen und ihrer Adhäsiv-Matrizen bei der Zahnschmelzversiegelung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 35 - 46, 1976

25) Aus ZM 13, 633, 1975

26) WILLIAMS,I.L. A contribution to the study of pathology of enamel. Dent.Cosmos 39, 169 - 196, 269 - 301, 353 - 374, 1897

27) LENZ,H. Elektronenmikroskopische Untersuchungen am Zahnoberhäutchen. Habil.Schrift Med. Fakt. FU Berlin 1970

28) KESSLER,F. Dissertation 1974 Versuche über die Haftfestigkeit verschiedener Cyanoacrylsäureester am Schmelz von Rinderzähnen.

29) RADKE,K. Dissertation 1975 Physikalische, bakteriologische und elektronenoptische Untersuchungen an zahnärztlichen Versiegelungslacken.

30) LENZ,H. Kariesforschung heute und Kariesprophylaxe. Öst.Z.Stomat. 72, 310 -315, 1975

31) MELEROWITZ,W. Autoradiographische Untersuchungen über das Abdichtungsvermögen und Prüfung der Haftfestigkeit zahnärztlicher Versiegelungsmaterialien. Inaug.Dis. FU Berlin FB 7 1978

32) HAMMLER,F. Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die beginnende artificiell mit Hilfe der Goldplattentechnik nach Östby in vivo erzeugte Schmelzkaries.
Inaug. Dis. FU Berlin FB 7
1973

Für die Überlassung des Dissertationsthemas, für die freundliche Unterstützung und Beratung bei der Auswahl der zu bearbeitenden Literatur, sowie für vielfältige Anregungen im Verlauf der Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. H.LENZ vielmals danken.

Ebenso danke ich Frau Helga ADAM und Frau Anne-Dore KÄHLER für ihre Mithilfe bei den elektronenmikroskopischen Untersuchungen und den photographischen Arbeiten.

Lebenslauf

Am 3. September 1946 wurde ich als Sohn des Bankkaufmanns Gerhard Gaedecke und seiner Ehefrau Marianne, geb. Schönberg in Nauen bei Berlin geboren.
1949 zogen meine Eltern nach Berlin-Schöneberg.
Nach Besuch der Grundschule und der Sophie- Scholl - Oberschule in Berlin- Schöneberg, bestand ich 1967 das Abitur.
Ab Sommersemester 1967 studierte ich Zahnmedizin an der Freien Universität Berlin und legte hier im Juli 1973 die zahnärztliche Prüfung ab.
Von Oktober 1973 bis Dezember 1975 arbeitete ich als Assistenszahnarzt in einer Berliner Praxis.
Seit 1976 bin ich in eigener Berliner Praxis tätig.